2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

- ยางธรรมชาติ : ยางADS, ยางSTR5L, และ ยางcrepe
- พอลิเมอร์ที่ใช้ผสมกับยางธรรมชาติ : ethylene vinyl acetate (EVA) และ ultra-low-density-polyethylene (ULDPE)
- ยางสังเคราะห์ : SBR
- Vulcanizing agent : sulfer
- Activators : zinc oxide (white seal) จัดจำหน่ายโดย S. Samdran Chemicals Co. Ltd. ประเทศไทย, zinc oxide (active), zinc carbonate, stearic acid
- Accelerators : TMTD, MBTS
- Antioxidants : Wingstay L, BHT
- Fillers : $CaCO_3$, silica, TiO_2, magnesium carbonate, zinc stearate
- Paraffin oil
- Fluorescent pigment : OMNICOLOR PDQX4H318 (Fluorescence pink) เป็นแบบผง (~100%) Light fastness = 4 (DIN 53388) ประกอบด้วย polymide co-condensate with organic dyes ซื้อจาก Clariant Masterbatches (Thailand) Ltd.

EVA ที่ใช้มีอยู่ 2 เกรด เรียกว่า EVA22 และ EVA28 โดยมีส่วนผสมของไวนิวอะซิเตดเท่ากับ 22 และ 28 mol% ตามลำดับ ULDPE ที่ใช้ คือ ENGAGE® 8150 มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.868 การนำพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้ผสมกับยางธรรมชาติเพื่อศึกษาเปรียบเทียบสีของชิ้นงานที่ได้ เพราะพอลิเมอร์ทั้งสองนี้จะใส ไม่มีสี และสามารถเข้ากันได้ดีกับยางธรรมชาติระดับหนึ่ง โดยเฉพาะ ULDPE จะผสมเข้าได้ดีกับยางธรรมชาติ[1]

2.2 เครื่องมือ

- Two-roll mill (Yasuda Seiki® 191) ใช้เตรียมยางคอมปาวด์
- Moving Die Rheometer (Alpha Technology® MDR2000) ใช้หา cure time (t_{90}) ของยางคอมปาวด์
- Compression mold (Kao Tiech®) ใช้ขึ้นรูปยางคอมปาวด์เป็นชิ้นงาน
- Tensile testing machine (LLOYD® 1000S) ใช้ทดสอบสมบัติด้านการดึงของชิ้นทดสอบ
- Oven ใช้อบชิ้นทดสอบเพื่อการทดสอบ thermal aging

---

[1] V. Tanrattanakul and W. Udomkichdecha, Development of novel elastomeric blends containing NR and ULDPE, J. Appl. Polym. Sci., 82, 650-660 (2001).

- Hardness tester Shore A (ZWICK® 3100)ใช้วัดความแข็งของชิ้นทดสอบ

2.3 การเตรียมยางคอมปาวด์

การผสมยางเป็นการนำยางกับสารเคมีผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่า ยางคอมปาวด์ (compounds) โครงการวิจัยนี้เตรียมยางคอมปาวด์ด้วยเครื่องบดสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) มีขั้นตอนการผสมดังนี้

1. ชั่งยางและสารเคมีตามสูตรที่กำหนด
2. บดยางให้นิ่ม ใช้เวลาประมาณ 3 นาที เติมสารเคมีตามลำดับต่อไปนี้ : stearic acid, pigment, fillers, paraffin oil, Zinc oxide / Zinc oxide active / Zinc carbonate, antioxidant, MBTS, TMTD, S
3. ม้วนยาง ผ่านหัวหรือท้ายลงในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งประมาณ 6 ครั้ง เพื่อให้สารเคมีผสมเข้ากันอย่างทั่วถึง
4. เมื่อผสมเสร็จ ปรับช่องว่างของระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้แผ่นยางมีความหนาตามต้องการ
5. เก็บยางคอมปาวด์ไว้ในเดซิเคเตอร์เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ก่อนนำไปขึ้นรูป เพื่อให้สารเคมีกระจายในเนื้อยางได้ดีขึ้น

2.4 การขึ้นรูปยางคอมปาวด์

นำยางคอมปาวด์ที่ได้จากข้อ 2.3 ทดสอบหาเวลาสุก (cure time, t_{90}) ด้วยเครื่อง MDR โดยทดสอบที่อุณหภูมิที่กำหนดไว้สำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด (150°C - 160°C) ก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นชีทด้วยเครื่องอัด (compression molding machine)

ยางคอมปาวด์ถูกอัดให้เป็นแผ่นมีความหนาประมาณ 1.5 มม. โดยตั้งอุณหภูมิเครื่องอัดไว้ที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง (150°C) ใช้ความดันในการอัด 600 กก/ซม.^{2} ใช้เวลาในการอัดเท่ากับ (t_{90} + 1) นาที แผ่นชีทที่ได้จะถูกตัดให้มีรูปร่างตามมาตรฐานการทดสอบการดึงยืด (tensile testing) ASTM D412 - die C

2.5 การทดสอบสมบัติ

2.5.1 การทดสอบความต้านทานแรงดึง (tensile properties)

ทำการทดสอบตาม มอก.886-2532 นำชิ้นทดสอบรูปร่าง ASTM D412 die-C ดึงด้วยอัตราเร็ว 500 มม./นาที บันทึกค่าแรงดึงและระยะยืดที่จุดขาด การคำนวณใช้ความยาวเริ่มต้น (L_o) เท่ากับ 65 มม. ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างgrip เนื่องจากไม่มีการใช้ extensometer ในการทดสอบ ทำการทดสอบจำนวน 8 ชิ้น/ตัวอย่าง

2.5.2 การทดสอบการบ่มเร่ง (thermal aging)

ทำการทดสอบตาม มอก.886-2532 นำชิ้นทดสอบรูปร่าง ASTM D412 die-C จำนวน 8 ชิ้น อบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบความต้านทานแรงดึงตามข้อ 2.5.1 คำนวณหาการเปลี่ยนแปลงสมบัติ (การต้านแรงดึงและความยืดเมื่อขาด) ดังสมการต่อไปนี้

$$P = [(A - O)/O] \times 100$$

เมื่อ P คือ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงสมบัติ

A คือ ค่าของสมบัติหลังการบ่มเร่ง

O คือ ค่าของสมบัติก่อนการบ่มเร่ง

ค่าที่คำนวณได้มีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้ ตามมาตรฐาน มอก. จะไม่พิจารณาการเพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่จะพิจารณาปริมาณการเปลี่ยนแปลง คือไม่ควรเกินร้อยละ 25 ทั้งค่าความต้านแรงดึงและความยืดเมื่อขาด

2.5.3 การทดสอบความยืดถาวร (permanent set)

ทำการทดสอบตาม มอก.886-2535 ใช้ชิ้นทดสอบรูปร่าง ASTM D412 die-C ทำเครื่องหมายในช่วง gauge length ที่มีระยะห่าง 3 ซม. ทำการทดสอบ 3 ชิ้น/ตัวอย่าง

1. ทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 2.5.1 โดยใช้อัตราการดึงเท่ากับ 500 มม./นาที กำหนดให้ชิ้นทดสอบถูกดึงยืดเท่ากับ 32.5 ซม. 35 ซม. และ 50 ซม. รักษาระยะยืดนี้ไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องมือ
2. นำชิ้นทดสอบวางไว้บนโต๊ะเป็นเวลา 10 นาที บันทึกความยาวของระยะห่างที่มีเครื่องหมายกำกับ
3. คำนวณความยืดถาวรในรูป tension set ดังสมการต่อไปนี้

$$T_S = [(L - L_0)/ L_0] \times 100$$

เมื่อ T_S คือค่าร้อยละของความยืดถาวร

L คือความยาว(ระยะห่างของจุดกำกับ)ที่เพิ่มขึ้นหลังการทดสอบ

L_0 คือความยาว(ระยะห่างของจุดกำกับ)ก่อนการทดสอบ

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาสูตรพื้นฐานที่ไม่ใส่ filler ในปริมาณมาก จึงไม่ทำการตรวจสอบความหนาแน่น การทดลองจะมุ่งเน้นการเปรียบเทียบสี ความต้านแรงดึง และระยะยืดเมื่อขาดของสูตรต่างๆ